

本 国 特 許
JAPAN PATENT OFFICE

Birch, Stewart, Kolarski + Birch, LLP
703/205-8000
Docket No.: 2185-0578 P
SN: 09/977,375
Filed: 10-16-2001
Inv: ONO et al.

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2000年10月18日

出 願 番 号

Application Number:

特願2000-317270

出 願 人

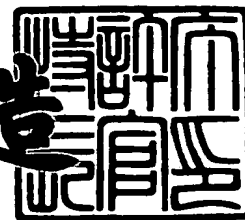
Applicant(s):

住友化学工業株式会社

2001年 8月 3日

特 許 庁 長 官
Commissioner,
Japan Patent Office

及 川 耕 造



出証番号 出証特2001-3067901

【書類名】 特許願

【整理番号】 151986

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H01L 21/20
H01L 33/00

【発明者】

 【住所又は居所】 茨城県つくば市北原 6 住友化学工業株式会社内

 【氏名】 小野 善伸

【発明者】

 【住所又は居所】 千葉県市原市姉崎海岸 5 の 1 住友化学工業株式会社内

 【氏名】 秦 雅彦

【特許出願人】

 【識別番号】 000002093

 【氏名又は名称】 住友化学工業株式会社

【代理人】

 【識別番号】 100077540

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 高野 昌俊

【手数料の表示】

 【予納台帳番号】 060336

 【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

 【物件名】 明細書 1

 【物件名】 図面 1

 【物件名】 要約書 1

 【物件名】 委任状 1

 【援用の表示】 平成 1 2 年 9 月 1 9 日提出の包括委任状を援用する。

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 3-5 族化合物半導体及び発光素子

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 GaAs 基板と、エピタキシャル結晶成長法により前記 GaAs 基板上に形成された 3-5 族化合物半導体のバッファ層と該バッファ層上のエピタキシャル結晶層とを含んで成る 3-5 族化合物半導体において、

前記 3-5 族化合物半導体が一般式 $\text{In}_x \text{Ga}_y \text{Al}_z \text{As}$ (ただし、 $0 \leq x \leq 1$ 、 $0 \leq y \leq 1$ 、 $0 \leq z \leq 1$ 、 $x + y + z = 1$) で表される 3-5 族化合物半導体であって、前記バッファ層上のエピタキシャル結晶層中の転位密度が 2000 個/ cm^2 以下であることを特徴とする 3-5 族化合物半導体。

【請求項 2】 GaAs 基板と、エピタキシャル結晶成長法により前記 GaAs 基板上に形成された 3-5 族化合物半導体のバッファ層と該バッファ層上のエピタキシャル結晶層とを含んで成る 3-5 族化合物半導体において、

前記 3-5 族化合物半導体が一般式 $\text{In}_x \text{Ga}_y \text{Al}_z \text{As}$ (ただし、 $0 \leq x \leq 1$ 、 $0 \leq y \leq 1$ 、 $0 \leq z \leq 1$ 、 $x + y + z = 1$) で表される 3-5 族化合物半導体であって、前記バッファ層上のエピタキシャル結晶層中の転位密度が前記 GaAs 基板中の転位密度の $1/3$ 以下であることを特徴とする 3-5 族化合物半導体。

【請求項 3】 前記バッファ層が、組成の異なる少なくとも 2 種類の層を n ($1 \leq n \leq 30$) 回積層した構造である請求項 1 または 2 記載の 3-5 族化合物半導体。

【請求項 4】 前記 2 種類の層が、 $\text{Ga}_{1-z} \text{Al}_z \text{As}$ 層 (ただし、 $0 < z \leq 1$) および GaAs 層である請求項 3 記載の 3-5 族化合物半導体。

【請求項 5】 前記 z の値が 0.01 以上 0.4 以下である請求項 4 記載の 3-5 族化合物半導体。

【請求項 6】 前記 2 種類の層のうち少なくとも一方の層に n 型の不純物がドーピングされている請求項 3 記載の 3-5 族化合物半導体。

【請求項 7】 前記 n 型の不純物が Si であり、該 Si の濃度が 1×10^{17}

cm^{-3} 以上 $5 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ 以下である請求項 6 記載の 3 - 5 族化合物半導体。

【請求項 8】 前記 2 種類の層のうちの少なくとも一方の層の内部に n 型の不純物がプレーナドープされている請求項 3 記載の 3 - 5 族化合物半導体。

【請求項 9】 前記 2 種類の層のうちの少なくとも一方の層の界面に n 型の不純物がプレーナドープされている請求項 3 記載の 3 - 5 族化合物半導体。

【請求項 10】 前記 n 型の不純物が Si であり、該 Si のプレーナドープ濃度が $1 \times 10^{11} \text{cm}^{-2}$ 以上 $5 \times 10^{12} \text{cm}^{-2}$ 以下である請求項 8 又は 9 記載の 3 - 5 族化合物半導体。

【請求項 11】 請求項 1 ~ 10 のいずれかに記載の 3 - 5 族化合物半導体を用いたことを特徴とする発光素子。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、GaAs 基板上に 3 - 5 族化合物半導体をエピタキシャル結晶成長させた 3 - 5 族化合物半導体及びこれを用いた発光素子に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

この種の化合物半導体は、GaAs 基板上に 3 - 5 族化合物半導体のエピタキシャル結晶層を積層させた構成のもので、例えば、GaAs 基板上に発光動作層となる $\text{Al}_{0.20}\text{Ga}_{0.80}\text{As}$ 単結晶層とバリア層となる $\text{Al}_{0.5}\text{Ga}_{0.5}\text{As}$ 単結晶層とをエピタキシャル結晶成長法によって連続的に積層して赤色発光を得るようにした発光素子が広く用いられている。この種の光デバイスは、ヘテロ接合を採用することによって得られるバンドギャップ不連続による大きなポテンシャル障壁のため注入された電子の逆流が防止され、高い発光効率を得ることができるという特長を有している。上記では光デバイスを例にとって説明したが、このほか、ヘテロ接合バイポーラトランジスタや高電子移動度トランジスタもまたヘテロ接合の特長を利用した電子デバイスとして GaAs 基板上に 3 - 5 族化合物半導体エピタキシャル結晶層を積層して作られている。

【0003】

ところで、GaAs 半導体基板上に上述の如く各種の化合物半導体エピタキシャル結晶層を積層して半導体デバイスを製造しようとする場合、GaAs 半導体基板上に成長したエピタキシャル結晶中の転位密度が問題となる。すなわち、エピタキシャル結晶中の転位密度はデバイス特性及びその信頼性と密接に関係しており、転位密度が大きいと出来上がったデバイスの品質が低下するという問題を生じる。例えば、発光ダイオードの如き光デバイスの場合、転位密度が大きいと素子寿命及び信頼性が共に低下する上に、発光強度も低下してしまうという問題を生じる。

【0004】

このエピタキシャル結晶中に生じる転位の主な原因は、GaAs 基板上にエピタキシャル結晶層を有機金属気相成長法（MOVPE 法）等により積層していく過程で、GaAs 基板内にもともと生じていた転位構造がエピタキシャル結晶の成長過程でそのまま伝播してしまうことにより生じるものである。

【0005】

このため、従来にあっては、GaAs 基板の製造時に熱応力、すなわち温度勾配の低減を図る方法、或いは臨界せん断応力を増加させる方法など、各種の低転位化の試みがなされている。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】

しかし、GaAs 基板中の転位密度を上述した方法により低下させようとする場合には、コスト的に不利となりその製造コストが高くなってしまいう問題点が生じるほか、その低転位化にも限界があるため、デバイスの特性や信頼性を高レベルのものとすることが困難であるという問題点を生じることになる。

【0007】

本発明の目的は、従来技術における上述の問題点を解決することができる 3-5 族化合物半導体及び発光素子を提供することにある。

【0008】

本発明の他の目的は、転位密度の小さな 3-5 族化合物半導体エピタキシャル結晶を有する 3-5 族化合物半導体を提供することにある。

【 0 0 0 9 】

本発明の別の目的は、GaAs基板の転位密度に拘らずGaAs基板上にGaAs基板の転位密度よりも小さい転位密度の3-5族化合物半導体エピタキシャル結晶を備えた3-5族化合物半導体を提供することにある。

【 0 0 1 0 】

本発明のさらに他の目的は、高性能の発光素子を提供することにある。

【 0 0 1 1 】

【課題を解決するための手段】

本発明者等は、GaAs基板上に、転位構造の伝播を防ぐためのバッファ層を介して所要の結晶層をエピタキシャル結晶成長により形成するようにして上記課題を解決すべく、バッファ層の構造、仕様を種々検討した。この結果、バッファ層として一般式 $\text{In}_x \text{Ga}_y \text{Al}_z \text{As}$ (式中、 $0 \leq x \leq 1$ 、 $0 \leq y \leq 1$ 、 $0 \leq z \leq 1$ 、 $x + y + z = 1$) で表される3-5族化合物半導体をGaAs基板上にエピタキシャル結晶成長させ、成長したエピタキシャル結晶層の転位密度をGaAs基板中の転位密度よりも低くしその転位密度を $2000 \text{ 個}/\text{cm}^2$ 以下にすることにより、GaAs基板上にエピタキシャル結晶層を介して形成される電子又は光デバイスの特性及び信頼性を著しく改善できることが確認された。また、ここで、エピタキシャル結晶層の転位密度を該GaAs基板の転位密度の $1/3$ 以下とすることによっても、GaAs基板上にエピタキシャル結晶層を介して形成される電子デバイス又は光デバイスの特性及び信頼性を著しく改善できることが確認された。

【 0 0 1 2 】

請求項1の発明によれば、GaAs基板と、エピタキシャル結晶成長法により前記GaAs基板上に形成された3-5族化合物半導体のバッファ層と該バッファ層上のエピタキシャル結晶層とを含んで成る3-5族化合物半導体において、前記3-5族化合物半導体が一般式 $\text{In}_x \text{Ga}_y \text{Al}_z \text{As}$ (ただし、 $0 \leq x \leq 1$ 、 $0 \leq y \leq 1$ 、 $0 \leq z \leq 1$ 、 $x + y + z = 1$) で表される3-5族化合物半導体であって、前記バッファ層上のエピタキシャル結晶層中の転位密度が $2000 \text{ 個}/\text{cm}^2$ 以下であることを特徴とする3-5族化合物半導体が提案される。

【 0 0 1 3 】

請求項 2 の発明によれば、GaAs 基板と、エピタキシャル結晶成長法により前記 GaAs 基板上に形成された 3-5 族化合物半導体のバッファ層と該バッファ層上のエピタキシャル結晶層とを含んで成る 3-5 族化合物半導体において、前記 3-5 族化合物半導体が一般式 $\text{In}_x \text{Ga}_y \text{Al}_z \text{As}$ (ただし、 $0 \leq x \leq 1$ 、 $0 \leq y \leq 1$ 、 $0 \leq z \leq 1$ 、 $x + y + z = 1$) で表される 3-5 族化合物半導体であって、前記バッファ層上のエピタキシャル結晶層中の転位密度が前記 GaAs 基板中の転位密度の $1/3$ 以下であることを特徴とする 3-5 族化合物半導体が提案される。

【 0 0 1 4 】

請求項 3 の発明によれば、請求項 1 または 2 の発明において、前記バッファ層上のエピタキシャル結晶層が、組成の異なる少なくとも 2 種類の層を n ($1 \leq n \leq 30$) 回積層した構造である 3-5 族化合物半導体が提案される。

【 0 0 1 5 】

請求項 4 の発明によれば、請求項 3 の発明において、前記 2 種類の層が、 $\text{Ga}_{1-z} \text{Al}_z \text{As}$ 層 (ただし、 $0 < z \leq 1$) および GaAs 層である 3-5 族化合物半導体が提案される。

【 0 0 1 6 】

請求項 5 の発明によれば、請求項 4 の発明において、前記 z の値が 0.01 以上 0.4 以下である 3-5 族化合物半導体が提案される。

【 0 0 1 7 】

請求項 6 の発明によれば、請求項 3 の発明において、前記 2 種類の層のうち少なくとも一方の層に n 型の不純物がドーピングされている 3-5 族化合物半導体が提案される。

【 0 0 1 8 】

請求項 7 の発明によれば、請求項 6 の発明において、前記 n 型の不純物が Si であり、該 Si の濃度が $1 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 以上 $5 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 以下である 3-5 族化合物半導体が提案される。

【 0 0 1 9 】

請求項 8 の発明によれば、請求項 3 の発明において、前記 2 種類の層のうちの少なくとも一方の層の内部に n 型の不純物がプレーナドープされている 3 - 5 族化合物半導体が提案される。

【 0 0 2 0 】

請求項 9 の発明によれば、請求項 3 の発明において、前記 2 種類の層のうちの少なくとも一方の層の界面に n 型の不純物がプレーナドープされている 3 - 5 族化合物半導体が提案される。

【 0 0 2 1 】

請求項 1 0 の発明によれば、請求項 8 又は 9 の発明において、前記 n 型の不純物が Si であり、該 Si のプレーナドープ濃度が $1 \times 10^{11} \text{ cm}^{-2}$ 以上 $5 \times 10^{12} \text{ cm}^{-2}$ 以下である 3 - 5 族化合物半導体が提案される。

【 0 0 2 2 】

請求項 1 1 の発明によれば、請求項 1 ~ 1 0 のいずれかに記載の 3 - 5 族化合物半導体を用いたことを特徴とする発光素子が提案される。

【 0 0 2 3 】

【発明の実施の形態】

以下、図面を参照して本発明の実施の形態の一例につき詳細に説明する。

【 0 0 2 4 】

図 1 は、本発明による光デバイス用薄膜結晶ウェーハの実施の形態の一例を示す断面図である。薄膜結晶ウェーハ 1 は、半導体発光素子の製造に用いられるものであり、半絶縁性の GaAs 化合物半導体結晶基板 2（以下、単に GaAs 基板 2 という）上に MOVPE 法を用いて複数の半導体薄膜結晶層を次々と積層させて形成されたものである。

【 0 0 2 5 】

本実施の形態では、GaAs 基板 2 上に超格子を生成させたバッファ層 3 を積層形成し、バッファ層 3 の上にダブルヘテロ構造から成るフォトルミネッセンス測定用の光デバイス層 4 を積層形成し、これにより GaAs 基板 2 に含まれる転位が光デバイス層 4 に伝播するのを軽減し、光デバイス層 4 の転位密度を GaAs 基板 2 の転位密度より充分に小さくする構成となっている。

【0026】

バッファ層3は、一般式 $\text{In}_x \text{Ga}_y \text{Al}_z \text{As}$ (式中、 $0 \leq x \leq 1$ 、 $0 \leq y \leq 1$ 、 $0 \leq z \leq 1$ 、 $x + y + z = 1$) で表される3-5族化合物半導体をGaAs基板上にMOVPE法により結晶成長させたエピタキシャル結晶層である。ここでは、それぞれの厚みが10nmである $\text{Al}_{0.2} \text{Ga}_{0.8} \text{As}$ 層31とGaAs層32との2種類の層が2回積層され、これによりバッファ層3は超格子構造となっている。図1の例ではバッファ層3は組成の異なる2種類のエピタキシャル結晶層からなっているが、結晶層の組成の種類は3以上であってもよい。バッファ層3を構成する層の組成としては、一般式 $\text{In}_x \text{Ga}_y \text{Al}_z \text{As}$ (式中、 $0 \leq x \leq 1$ 、 $0 \leq y \leq 1$ 、 $0 \leq z \leq 1$ 、 $x + y + z = 1$) で表されるもののなかから適宜選ぶことができるが、図1に例示するごとく、 $\text{Ga}_{1-z} \text{Al}_z \text{As}$ とGaAsの2種類の組み合わせが好ましい。 $\text{Ga}_{1-z} \text{Al}_z \text{As}$ とGaAsの2種類の組み合わせの場合、 z の値は0.01以上0.4以下であることが転位の伝播を有効に抑える上で特に好ましい。

【0027】

バッファ層3における組成の異なる2種類のエピタキシャル結晶層の積層回数が図1の例では2回となっているが、この積層回数が多い程、GaAs基板2の転位が上層に伝播されるのを抑える効果が大きくなるので、積層回数は多い方が好ましい。実験によれば、積層回数は1回でも充分効果があるが、所望の転位密度が得られるよう1~30の範囲で適宜に選択すればよい。

【0028】

$\text{Al}_{0.2} \text{Ga}_{0.8} \text{As}$ 層31及びGaAs層32は、いずれも、MOVPE法を用いてGaAs基板2上に上述した所定の厚みとなるように交互にエピタキシャル結晶成長させることができ、これにより超格子構造のバッファ層3を形成することができる。図1の例では $\text{Al}_{0.2} \text{Ga}_{0.8} \text{As}$ 層31とGaAs層32の層厚は両方とも10nmであるが、層厚は10nmに限定されるものではなく、0.5nmから500nmの範囲で適宜選択することができ、2種類の層厚が異なってもよい。

【0029】

ここで、バッファ層3を構成する $\text{Al}_{0.2}\text{Ga}_{0.8}\text{As}$ 層31及び GaAs 層32のうちの少なくとも一方の層にn型の不純物をドーピングすることにより、 GaAs 基板2からの転位が上層に伝播されるのをドーピングなしの場合に比べてより一層有効に抑えるようにすることができる。

【0030】

本実施の形態では、 GaAs 層32にのみn型の不純物として Si がドーピングされている。図1に示した実施の形態にあっては、そのドーピング濃度は $2 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ であるが、このドーピング濃度は $2 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ に限定されるものではなく、臨界的ではないが $1 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3} \sim 5 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ の範囲で適宜に選択することにより所望の効果を達成することができる。このように、超格子構造となっているバッファ層3を構成するいずれか一方の層に対してn型の不純物をドーピングすると、n型不純物原子の周辺における結晶ポテンシャル場の乱れの効果によって、転位を終端させることができるため、 GaAs 基板2から上層へ向けての転位の伝播をより一層効果的に抑えることができる。

【0031】

ドーピングの方法として、図1においてはバッファ層を構成する層に均一にドーピングを行う方法が示されているが、この他にも、層の内部の特定の平面上でのみドーピングを行う、いわゆるプレーナドーピングを行っても同様の効果を得ることができる。プレーナドーピングを行う平面の位置は、2種類の層の内部でもよく、2種類の層の界面であってもよい。いずれの位置であってもプレーナドーピングの濃度は $1 \times 10^{11} \text{ cm}^{-2}$ 以上 $5 \times 10^{12} \text{ cm}^{-2}$ であるのが効果的であり好ましい。

【0032】

このように、 GaAs 基板2上にバッファ層3を形成し、バッファ層3内で転位が上層に伝播するのを抑え、バッファ層3の転位密度が充分に小さくなるように構成されているため、バッファ層3上にエピタキシャル結晶層の形態で積層形成される光デバイス層4内の転位密度は、 GaAs 基板2の転位密度に拘らず小さくすることができる。この結果、素子劣化の発生確率を低減できるとともに、光デバイス層4内で時間の経過に従って結晶欠陥が徐々に進行することによる素

子寿命の短縮化の問題を解決できる。また、格子欠陥を少なくすることができるので非発生再結合も少なくなり、発光素子としての用途の場合、その発光効率が高くなる。したがって、この構成に基づいてLEDやレーザダイオード等の発光デバイスを作製すれば、長寿命で信頼性の高い高性能の光デバイスを提供できる。

【 0 0 3 3 】

上述したバッファ層3の上の光デバイス層4の転位密度を $2000 \text{ 個}/\text{cm}^2$ 以下とすることにより上述した効果を実現することができる。また、バッファ層3の上の光デバイス層4の転位密度をGaAs基板2の転位密度の $1/3$ 以下とする構成によっても上述した効果を実現することができる。

【 0 0 3 4 】

上述したバッファ層3を設けることによる低転位化を確認することができるようにするため、光デバイス層4としてPL測定用の公知の構成の光デバイスが形成されている。本実施の形態では、図1に示されているように、光デバイス層4は、クラッド層($\text{Al}_{0.4}\text{Ga}_{0.6}\text{As}$ 層)41と、活性層($\text{Al}_{0.15}\text{Ga}_{0.85}\text{As}$ 層)42と、クラッド層($\text{Al}_{0.4}\text{Ga}_{0.6}\text{As}$ 層)43とから成るダブルヘテロ構成を有しており、その最上部にはコンタクト層44が形成されている。

【 0 0 3 5 】

転位密度の測定は、フォトルミネッセンス(以下PLと略記する)において転位の存在する領域ではPL強度が弱くなり暗点となることを利用する。すなわち、PL強度マッピングデータから、暗点数を計数することにより転位密度を求めることが可能である。マッピングピッチは $10 \mu\text{m}$ 、評価領域は $2 \times 2 \text{ mm}$ 程度が好ましい。

【 0 0 3 6 】

このPLマッピングによる評価方法は光学的な検出方法なので従来知られているCL(カソードルミネッセンス)に類似している。しかし、PLマッピングによる評価方法によれば、ウェハ等の試料を非破壊で検査できるため、簡便で迅速な評価が可能である。また他に知られているエッチピット計数法が半導体結晶組成に応じてエッチャントの調整が必要であったり、適当なエッチャントが無い場

合に適用できないのに対し、PLマッピングによる評価方法はモニタ波長を調整することにより幅広い組成に応じて評価可能である。

【0037】

PLモニタ波長は、通常はPLメインピーク波長にあわせる。積層構造において複数の層から異なる波長の複数のPLピークが出る場合には、それぞれの波長のマッピングをとることにより深さ方向の転位密度の変化に対する知見を得ることも可能である。

【0038】

【実施例】

以下、実施例により本発明を詳しく説明するが、本発明は、これらに限定されるものではない。

【0039】

実施例1

図1に示す構造の3-5族化合物半導体エピタキシャル積層膜をGaAs基板2上にMOVPE法により作製した。GaAs基板2中に含まれる転位をその上に形成されるエピタキシャル積層膜中で減少させるために、 $\text{Al}_{0.2}\text{Ga}_{0.8}\text{As}$ 層31とGaAs層32とを複数回数積層させて超格子を成長させてバッファ層3を形成した後に、PL測定用のダブルヘテロ構造からなる光デバイス層4を成長させた。 $\text{Al}_{0.2}\text{Ga}_{0.8}\text{As}$ 層31とGaAs層32との各層厚は10nmで積層回数は10回とした。そしてGaAs層32にはSiをドーピングし、そのドーピング濃度を $2 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ とした($\text{Al}_{0.2}\text{Ga}_{0.8}\text{As}/\text{GaAs}:\text{Si}$)。

【0040】

このようにして出来上がった3-5族化合物半導体のエピタキシャル積層膜の転位密度を、PLマッピングにより測定した。すなわちPL光のピーク波長をモニタ波長として、10 μm ステップで2 \times 2mmの領域を走査し、ピーク強度のマッピングを行い、その中に含まれるダークスポットの数から転位密度を求めた。その結果、ここで使用したGaAs基板2の転位密度は、エッチピット法による評価で約5000個 cm^{-2} であったが、エピタキシャル積層膜の転位密度は4

7 個 cm^{-2} であった。

【 0 0 4 1 】

実施例 2

S i ドーピング濃度を $1 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ としたことを除いては、実施例 1 と全く同じ方法でエピタキシャル積層膜を成長し、P L マッピングによりエピタキシャル積層膜の転位密度を評価したところ、1 4 7 個 cm^{-2} であった。

【 0 0 4 2 】

実施例 3

実施例 1 と全く同じ方法でエピタキシャル積層膜を成長させたが、S i ドーピングは行わなかった。P L マッピングによりエピタキシャル積層膜の転位密度を評価したところ、3 4 0 個 cm^{-2} であった。

【 0 0 4 3 】

実施例 4

バッファ層 3 の積層数を 5 としたことを除いては、実施例 1 と全く同じ方法でエピタキシャル積層膜を成長させた。P L マッピングによりエピタキシャル積層膜の転位密度を評価したところ、1 0 5 個 cm^{-2} であった。

【 0 0 4 4 】

実施例 5

S i ドーピング濃度を $1 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ としたことを除いては、実施例 4 と全く同じ方法でエピタキシャル積層膜を成長させ、P L マッピングによりエピタキシャル積層膜の転位密度を評価したところ、3 2 5 個 cm^{-2} であった。

【 0 0 4 5 】

実施例 6

S i ドーピングを行わなかったことを除いては、実施例 4 と全く同じ方法でエピタキシャル積層膜を成長させた。P L マッピングによりエピタキシャル積層膜の転位密度を評価したところ、7 6 2 個 cm^{-2} であった。

【 0 0 4 6 】

実施例 7

バッファ層 3 の積層数を 1 としたことを除いては、実施例 1 と全く同じ方法で

エピタキシャル積層膜を成長させた。PLマッピングによりエピタキシャル積層膜の転位密度を評価したところ、 258 個 cm^{-2} であった。

【0047】

実施例 8

Siドーピング濃度を $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ としたことを除いては、実施例 7 と全く同じ方法でエピタキシャル積層膜を成長させた。PLマッピングによりエピタキシャル積層膜の転位密度を評価したところ、 802 個 cm^{-2} であった。

【0048】

実施例 9

Siドーピングを行わなかったことを除いては、実施例 9 と全く同じ方法でエピタキシャル積層膜を成長させた。PLマッピングによりエピタキシャル積層膜の転位密度を評価したところ、 1880 個 cm^{-2} であった。

【0049】

実施例 10

超格子の組成を $(\text{Al}_{0.35}\text{Ga}_{0.65}\text{As} / \text{GaAs} : \text{Si})$ としたことを除いては、実施例 1 と全く同じ方法でエピタキシャル積層膜を成長させた。PLマッピングによりエピタキシャル積層膜の転位密度を評価したところ、 202 個 cm^{-2} であった。

【0050】

実施例 11

Siドーピング濃度を $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ としたことを除いては、実施例 10 と全く同じ方法でエピタキシャル積層膜を成長させた。PLマッピングによりエピタキシャル積層膜の転位密度を評価したところ、 627 個 cm^{-2} であった。

【0051】

実施例 12

Siドーピングを行わなかったことを除いては、実施例 10 と全く同じ方法でエピタキシャル積層膜を成長させた。PLマッピングによりエピタキシャル積層膜の転位密度を評価したところ、 1470 個 cm^{-2} であった。

【0052】

実施例 1 3

S i ドーピングの方法を以下に説明する点を除いて実施例 1 と全く同じ方法でエピタキシャル積層膜を積層させた。S i ドーピングは $\text{Al}_{0.2}\text{Ga}_{0.8}\text{As}$ 層 3 1 の成長後、次の GaAs 層 3 2 との界面に、濃度 $1 \times 10^{12} \text{ cm}^{-2}$ でプレーナドーピングし、引き続き GaAs 層 3 2 を成長した。P L マッピングによりエピタキシャル積層膜の転位密度を評価したところ 138 個 cm^{-2} であった。

【0053】

実施例 1 4

使用した GaAs 基板の転位密度が約 50000 個 cm^{-2} であることを除いては、実施例 1 と全く同じ方法でエピタキシャル積層膜を成長させた。P L マッピングによりエピタキシャル積層膜の転位密度を評価したところ、 550 個 cm^{-2} であった。

【0054】

比較例 1

図 2 に示すように、 GaAs 基板 2 上に転位密度を低減させる積層構造のバッファ層 3 を設けることなしに直接光デバイス層 4 を成長させた 3-5 族化合物半導体 1' において、光デバイス層 4 の転位密度を P L マッピングにより評価した。ここで、 GaAs 基板 2 及び光デバイス層 4 の成長条件は実施例 1 と同じとしたところ、光デバイス層 4 の転位密度は 3400 個 cm^{-2} であった。この比較例 1 から、バッファ層 3 を設けることにより、 GaAs 基板 2 上に形成される所要のエピタキシャル積層膜の転位密度を著しく小さくできることが判る。またバッファ層 3 において S i をドーピングし、そのドーピング濃度を適切な値とすることによりさらに転位密度を低下させることができることも判る。

【0055】

このように、バッファ層 3 を設けることにより、又はこれに加えてバッファ層 3 に n 型の不純物をドーピングすることにより、転位密度の大きい GaAs 基板 2 を用いてもその転位が上層に伝播するのを有効に防止し、 GaAs 基板 2 上に形成したエピタキシャル積層膜の転位密度を小さくすることができると判る。したがって、発光素子の如き光デバイスの作製にこの構成を用いれば、基板の

選択の自由度が増え、且つ製作された発光素子の長寿命化及び高信頼性化を図ることができる上に、発光効率の高い優れた特性の素子を実現することができる。

【 0 0 5 6 】

【発明の効果】

本発明の 3 - 5 族化合物半導体の構造を用いれば、エピタキシャル薄膜中の転位密度を基板の転位密度よりも大幅に減らすことができる。本発明のエピタキシャル薄膜の上に電子用デバイスあるいは光用デバイスに利用可能な層構造を積層すれば、転位の影響のない優れた特性のデバイスを作製することができるようになるために、工業的価値がきわめて大きい。また、本発明のエピタキシャル膜を用いれば、もともと転位密度の大きな GaAs 基板を用いても低転位密度の結晶を得ることができ、従って特性の優れたデバイスを得ることができるので、基板選択の自由度が増え工業的価値がきわめて大きい。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明による 3 - 5 族化合物半導体の一実施形態の構造例を示す断面図。

【図 2】

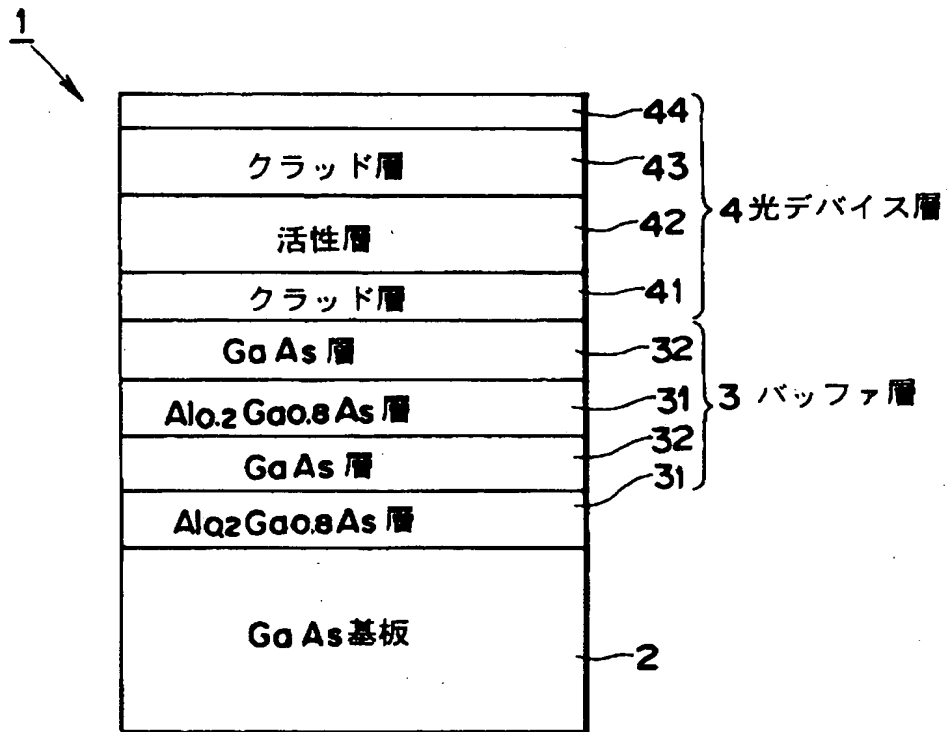
バッファ層を備えていない 3 - 5 族化合物半導体の比較例 1 の構造を示す断面図。

【符号の説明】

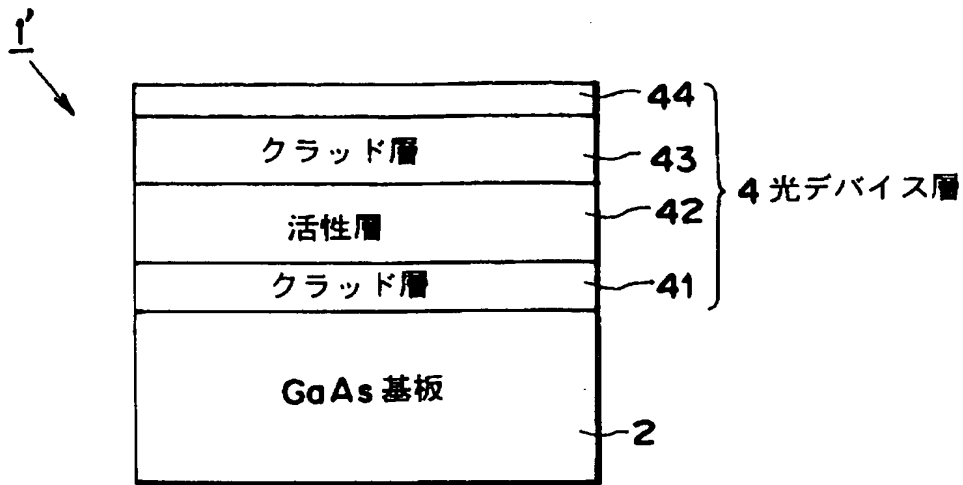
- 1 薄膜結晶ウェーハ
- 2 GaAs 基板
- 3 バッファ層
- 4 光デバイス層
- 3 1 $\text{Al}_{0.2}\text{Ga}_{0.8}\text{As}$ 層
- 3 2 GaAs 層
- 4 1 クラッド層 ($\text{Al}_{0.4}\text{Ga}_{0.6}\text{As}$ 層)
- 4 2 活性層 ($\text{Al}_{0.15}\text{Ga}_{0.85}\text{As}$ 層)
- 4 3 クラッド層 ($\text{Al}_{0.4}\text{Ga}_{0.6}\text{As}$ 層)
- 4 4 コンタクト層

【書類名】 図面

【図 1】



【図 2】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 GaAs 基板の転位密度が大きくてもその上に成長したエピタキシャル結晶層中の転位密度を所要のレベルにまで低下させることができるようにする。

【解決手段】 GaAs 基板 2 上に、MOCVD 法により $\text{Al}_{0.2}\text{Ga}_{0.8}\text{As}$ 層 31 と GaAs 層 32 との 2 種類の層を少なくとも 1 回積層して成る超格子構造のバッファ層 3 を成長させ、このエピタキシャル結晶層の転位密度を 2000 個/ cm^2 以下とした。 $\text{Al}_{0.2}\text{Ga}_{0.8}\text{As}$ 層 31 又は GaAs 層 32 の少なくとも一方に n 型の不純物である Si を $1 \times 10^{17} \text{cm}^{-3} \sim 5 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ の濃度でドーピングさせてもよい。

【選択図】 図 1

特 2000-317270

認定・付加情報

特許出願の番号	特願2000-317270
受付番号	50001342948
書類名	特許願
担当官	仲村 百合子 1730
作成日	平成12年10月20日

<認定情報・付加情報>

【提出日】	平成12年10月18日
-------	-------------

次頁無

特2000-317270

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000002093]

1. 変更年月日 1990年 8月28日

[変更理由] 新規登録

住 所 大阪府大阪市中央区北浜4丁目5番33号
氏 名 住友化学工業株式会社